

(19) Federal Republic
of Germany



German
Patent and
Trademark Office

(12) **Patent**

(10) **DE 40 08 329 C1**

(21) File No.: P 40 08 329.2-45
(22) Filing Date: 15 March 1990
(43) Disclosure Date: -
(45) Publication date
of patent granting: 2 May 1991

(51) Int. Cl.⁵:

C 23 F 13/02

C 23 F 13/06
H 05 B 3/82
F 24 H 9/20
// H01C 7/02

An opposition can be filed within 3 months of publication of granting

(73) Patent holder:
Norsk Hydro Magnesiumgesellschaft mbH,
4250 Bottrop, GERMANY
(74) Representative:
Gesthuysen, H., Dipl.-Ing.; von Rohr, H., Dipl.-
Phys., Patent Attorneys, 4300 Essen

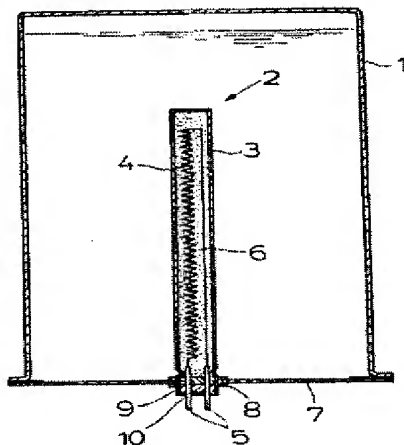
(72) Inventor:
Franke, Günter, 4630 Bochum, GERMANY

(56) List of documents considered for evaluation of
patentability:

DE 31 05 922 A1
EP 01 56 221 A1

(54) **Electric Water Heater**

An electric water heater with a water tank (1) and a tubular heating element (2) arranged in water tank (1), in which the tubular heating element (2) has a protective tube (3) and a resistance heater (4) arranged in the protective tube (3), and preferably the resistance heater (4) is embedded in an electrically insulating material (6), especially in magnesium oxide, the protective tube (3) consisting of an electrically conducting material that can be passivated anodically, in which a counterelectrode is provided in the water tank (1), or the water tank (1) or part of water tank (1) forms a counterelectrode (7), and in which a protective DC voltage is applied between the protective tube (3) and counterelectrode (7) according to operation, and the protective tube (3) is then connected as anode, i.e., lies at a higher electric potential relative to counterelectrode (7), can be used with much more versatility, the protective tube (3) and the counterelectrode (7) being designed for a protective DC current density of at least 50 to 70 $\mu\text{A}/\text{cm}^2$, so that during operation, a protective current with a minimum current density of 50 to 70 $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ can flow between the protective tube (3) and counterelectrode (7).



Description

The invention concerns an electric water heater with a water tank and a tubular heating element arranged in the water tank, the tubular heating element having a protective tube and a resistance heater arranged in the protective tube, the protective tube consisting of an electrically conducting material that can be passivated anodically, a counterelectrode being provided in the water tank or the water tank or part of the water tank forming a counterelectrode, and a protective voltage being applied between the protective tube and the counterelectrode according to operation and the protective tube then being connected as anode.

The known electric water heaters, from which the invention starts (cf. DE-OS 31 05 922), have a hairpin-like heating loop as tubular heating element, which extends out of the water tank on both ends. The protective tube of the tubular heating element consists of a material that can be passivated anodically, for example, titanium, and is provided on the outside with an activation coating made of platinum.

By applying a DC voltage between the protective tube and the counterelectrode formed by one part of the tank wall, lime deposits on the protective tube of the tubular heating element are prevented. Because of the additional activation coating, the protective tube simultaneously has the function of an inert anode for cathodic corrosion protection of the water tank.

In the known electric water heaters, protective current densities of a few $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ are used, on the one hand, the heating power of the resistance heater is limited to a relatively low level, on the other, namely, to values around 2 to 3 W/cm^2 . The possible heating power of a resistance heater is therefore only utilized for a limited degree, which results in relatively long heating times.

The task underlying the teachings of the invention is to configure and modify the known electric water heater, so that it can be used with much more versatility.

The electric water heater according to the invention, in which the task just mentioned is solved, is characterized by the fact that the protective tube and the counterelectrode is laid out for a protective current density of at least 50 to 70 $\mu\text{A}/\text{cm}^2$. It was recognized according to the invention that a high current density of the protective current has a number of advantages. Because of the high current load of the tubular heating element, lime deposits are fully avoided on its surface. However, at the same time, precipitation of lime otherwise caused by a high temperature of the water in the water tank is avoided in the water tank. Because of this, the electric water heater according to the invention can also be used in the context of washing machines or dishwashers. There are also corresponding areas of application in other technical fields.

The resistance heater in the electric water heater according to the invention is preferably embedded in an electrically insulating material, especially in magnesium oxide.

The very high operating current density of the protective current according to the invention makes it possible to work with high heating powers of the resistance heater. Instead of a few W/cm^2 of the electric water heater of the prior art, the resistance heater of the electric water heater according to the invention can be operated with a specific power, referred to the surface of the protective tube, of more than 6 W/cm^2 to 40 W/cm^2 , preferably with a specific power from 20 to 40 W/cm^2 . It is obvious that the heating times obtainable with this are much shorter than in the prior art.

For use as anode, considering the high protective current density, a configuration of the tubular heating element as a heating cartridge has proven to be particularly expedient according to the invention.

Additional embodiments and modifications of the teachings are objects of additional patent claims. Only one drawing, representing a practical example of the invention, is referred to for this purpose. In the drawing

Fig. 1 shows a cross sectional sketch of a practical example of an electric water heater,

Fig. 2 shows a preferred practical example of a tubular heating element for the electric water heater according to Fig. 1 in section and

Fig. 3 shows a section along line III-III of the tubular heating element from Fig. 2.

The electric water heater depicted in Fig. 1 is thus the same or similar to the basic design that has long been known. This water heater has a water tank 1, which is not insulated in the practical example depicted here; an electrically heated hot water boiler is therefore involved. Such a water tank 1 ordinarily consists of a metal sheet provided with surface protection and is often designed double-walled in other variants, and then consists of an inner jacket made of galvanized or preferably enameled steel sheet, (tin-plated) copper sheet or hard porcelain, an outer jacket, for example, made of painted steel sheet, and a heat insulation layer in between, for example, from cork scrap, glass wool or heat-insulating foam plastics. DIN 44 901 generally applies for electric hot water heaters of the type in question, which is referred to here.

A tubular heating element 2 is arranged in the water tank 1 of the electric water heater. The tubular heating element 2 has a protective tube 3 that comes in contact with water situated in water tank 1 in the usual manner in the practical example depicted here, and a resistance heater 4 arranged in the protective tube 3. Such a resistance heater 4 has heating elements traversed by electrical current made of heat-conducting materials. Heat-conducting materials are metallic or non-metallic materials, like nickel-based alloys, noble metal compounds or tungsten and molybdenum alloys, but also silicon carbide and molybdenum disilicide, and also carbon and graphite, as well as doped semiconductor materials of more modern composition. A common feature of all heat-conducting materials is that heat is produced to a significant degree by current flow.

The tubular heating element 2 can be designed in known fashion as a heating loop and protrude from the water tank 1 on both ends. In the practical example depicted here and preferred to this extent, however, the tubular heating element 2 is designed as a heating cartridge, i.e., emerges from the water tank 1 on one end and is closed on the other end in the water tank 1. One clearly recognizes in Fig. 1 the heating element, designed as a helically-wound resistance wire of the resistance heater 4, which is connected directly, on the one hand, and via a return line with larger cross section, on the other hand, to connection lines 5 for connection to a power supply voltage. A number of other design types for resistance heater 4 are conceivable and familiar to one skilled in the art. A particularly preferred configuration of a resistance heater 4 is described later in detail.

In the practical example depicted here and preferred to this extent, the electric resistance heater 4 is embedded in electrically-insulating material 6. The material 6 must satisfy two requirements, namely, be electrically insulating, on the one hand, and have the highest possible thermal conductivity, on the other, so that high heat transfer from the resistance heater 4 to the water in water tank 1 is obtained. Different materials are known here and magnesium oxide, in particular, has proven to be expedient.

In the water heater depicted here, the protective tube 3 consists of an inert, electrically-conducting material. Part of the water tank 1 forms a counterelectrode 7. A DC voltage lies between protective tube 3 and counterelectrode 7 according to operation. The protective tube 3 is then connected as anode and therefore lies at a higher electrical potential relative to counterelectrode 7. The protective tube 3 also has an electrical function as anode of an electrical protective current circuit that is fully separate from the heating loop, in addition to the mechanical protective function for resistance heater 4. This electrical protective current circuit with the corresponding voltage direction of the protective tube 3 as anode means that lime deposits no longer occur on protective tube 3. Otherwise, it does not matter, in principle, how heat is generated in tubular heating element 2. In principle, the anodic loading of protective tube 3 could also be achieved in the electrical protective circuit, if there were no resistance heater in the interior of the protective tube, but another heater, for example, a catalytic heating element or a liquid heating medium.

Titanium, tantalum or niobium or titanium, tantalum or niobium compounds or alloys are recommended as material for protective tube 3.

For anodic activation of the surface of protective tube 3, it can be recommended to provide this with an activation coating at least on the outside. According to the preferred teachings, this consists of noble metal mixed oxides.

In the practical example depicted in Fig. 1, the protective tube 3, because of the configuration of the tubular heating element 2, is secured as a heating cartridge in a single insulation passage 8 in the wall of water tank 1. The protective tube 3 extends out through the insulation passage 8 and offers a free surface on the outside of water tank 1 that serves as electrical connection 9 for the protective tube 3 in the electrical protective current circuit. The connection lines 5 are guided through an electrically-insulating seal 10 in protective tube 3, which closes the protective tube 3 on the otherwise open end protruding from water tank 1 in the bottom of Fig. 3

The use of water tank 1 as counterelectrode 7 for the protective tube 3 connected as anode in the electrical protective current circuit, as just explained, has a special additional advantage, namely, that the inside surface of the water tank 1 is cathodically protected against corrosion. Corrosion processes cannot occur or only occur much more slowly than is otherwise common on the counterelectrode 7 connected as cathode and therefore on the inside wall of water tank 1.

However, the counterelectrode could naturally also be inserted separately into the water tank (see, for example, EP-OS 01 56 221).

For the electric water heater presented here, it is initially essential that the protective tube 3 and the counterelectrode 7 be designed for a protective current density of at least 50 to 70 $\mu\text{A}/\text{cm}^2$, so that during operation, a protective current with a minimum current density from 50 to 70 $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ can flow between the protective tube 3 and the counterelectrode 7. The advantages of this stipulation were explained in the general part of the description.

For the depicted electric water heater, it is also significant that the resistance heater 4 has a specific power, referred to the surface of protective tube 3, of more than 6 W/cm^2 to 40 W/cm^2 , preferably from 20 to 40 W/cm^2 . Because of this, the heating power can either be drastically increased, so that the heating times are shortened, or the tubular heating element tube can be designed significantly smaller than was previously common with the same heating power. Cost savings are connected with this, which virtually balance out the higher costs of the special inert material of protective tube 3.

The required DC voltage between the protective tube 3 and the counterelectrode 7 is expediently controlled or regulated via a potentiostat (see also EP-OS 01 56 221). A particularly preferred configuration applies for the electric water heater according to the invention, which is characterized by the fact that the potentiostat is designed as an interrupter potentiostat, and that control or regulation of the entire current is guaranteed via the interrupter function at a stipulated reference potential that defines the required minimum current density. In this manner, adequate cathodic corrosion protection of the water tank can also be guaranteed without significant difficulties.

In electrical hot water heaters of the type at issue, self-regulating resistance heaters with PTC resistors have thus far not been used. PTC resistors are components with a large positive temperature coefficient and consist, for example, of specific metal alloys, for example, tungsten alloys, or doped semiconductors, for example, doped titanate ceramics. An abrupt increase of resistance in a narrow temperature range is typical of a PTC resistor, in which a bistable behavior is often present. The bistable behavior of a PTC resistor means that it also retains its high resistance, when the temperature has dropped drastically. A PTC resistor with this type of bistable behavior only converts to its state with low resistance, when the resistance heater has been separated from the power supply voltage.

Because of the teachings according to the invention, it is now also possible in the present case for the resistance heater 4 to have at least one PTC resistor element 11. In the practical example depicted and preferred here according to Fig. 2 and Fig. 3, the resistance heater 4 even fully consists of several PTC resistor elements 11. Owing to the absence of a hazard of lime deposits on protective tube 3 and the related heat congestion, the operating conditions of the PTC resistor elements can be easily and reliably calculated beforehand, so that one is certain that, in normal everyday operation, the self-regulating function of the PTC resistor elements will not occur, but that it will only occur and lead to disengagement of the resistance heater 4, when an operating emergency is actually present.

The PTC resistor elements 11 in the depicted practical example are produced from a pressed material and require the connection of electrical contact elements 12, since otherwise they cannot be electrically contacted without difficulty. For electrical connection between the PTC resistor elements 11 and the electrical contact elements 12, a specific contact pressure is required, which can be generated, for example, by a shrunk-on silicone insulation. In the depicted and preferred practical example, it also applies that the PTC resistor elements 11 are embedded in the electrically-insulating material 6, especially in magnesium oxide, under pressure. Strictly speaking, the situation here is such that protective tube 3 is rolled for pressure generation with the introduced PTC resistor elements 11, contact elements 12 and insulating material 6.

Fig. 3 shows the design layout of the water heater according to the invention of this practical example particularly clearly, and therefore shows that the PTC resistor elements 11 are designed strip-like and are arranged roughly symmetric to the longitudinal axis of protective tube 3, the contact elements 12 are designed cut into semicircular strips and arranged with the flat sides on the flat sides of the PTC resistor elements 11, and this arrangement is embedded in an internal cylinder made of an insulating material 6, especially magnesium oxide. Fig. 2 clarifies how the electrical, rail-like connection of the contact elements 12 is produced with connection lines 5 entirely by itself, because of the arrangement chosen here.

With a corresponding adjustment of the PTC resistor elements 11, they can also be used for temperature regulation of the water temperature in water tank 1, so that the PTC resistor

elements 11, on reaching a reference temperature of the water, no longer accept any current or virtually no current. At an alternating, adjustable reference temperature of the water in water tank 1, however, an external temperature control with a temperature sensor in water tank 1 is recommended, so that the function of the PTC resistor elements 11 or a PTC resistor element in the resistance heater 4, which otherwise can be laid out differently, is restricted to a safety switch.

Claims

1. Electric water heater with a water tank and a tubular heating element arranged in the water tank, in which the tubular heating element has a protective tube and a resistance heater arranged in the protective tube, the protective tube consists of an electrically-conducting material that can be passivated anodically, a counterelectrode is provided in the water tank or the water tank or part of the water tank forms a counterelectrode, and a protective voltage lies between the protective tube and the counterelectrode according to operation and the protective tube is then connected as anode, **characterized by the fact** that the protective tube (3) and the counterelectrode (7) are laid out for a protective current density of at least 50 to 70 $\mu\text{A}/\text{cm}^2$.
2. Electric water heater according to Claim 1, characterized by the fact that the resistance heater (4) is embedded in an electrically-insulating material (6), especially in magnesium oxide.
3. Electric water heater according to Claim 1 or 2, characterized by the fact that the resistance heater (4) has a specific power of more than 6 W/cm^2 to 40 W/cm^2 , referred to the surface of protective tube 3.
4. Electric water heater according to one of the Claims 1 to 3, characterized by the fact that the tubular heating element (2) protrudes as heating cartridge in one end from the water tank (1) and is closed on the other end in water tank (1).
5. Electric water heater according to one of the Claims 1 to 4, in which the protective tube is provided with an activation coating at least on the outside, characterized by the fact that the activation coating is a coating of noble metal mixed oxides.
6. Electric water heater according to one of the Claims 1 to 5, in which the voltage lying between the protective tube and the counterelectrode can be controlled or regulated via a potentiostat, characterized by the fact that the potentiostat is designed as an interrupter potentiostat and control or regulation of the entire current is guaranteed via the interrupter function at a stipulated reference potential that defines the required minimum current density.
7. Electric water heater according to one of the Claims 1 to 6, characterized by the fact that the resistance heater (4) has at least one PTC resistor element (11).
8. Electric water heater according to Claim 7, characterized by the fact that the PTC resistor element (11) is connected to electric contact elements (12).
9. Electric water heater according to Claim 8, characterized by the fact that a silicone insulation is shrunk onto the PTC resistor elements and the contact elements.
10. Electric water heater according to one of the Claims 6 to 9, characterized by the fact that the PTC resistor elements (11) are embedded in the electrically-insulating material (6), especially in magnesium oxide, under pressure.

11. Electric water heater according to Claim 10, characterized by the fact that the protective tube (3) with the introduced PTC resistor elements (11), contact elements (12) and insulating material (6) is rolled for pressure generation.

12. Electric water heater according to one of the Claims 6 to 11, characterized by the fact that the PTC resistor elements (11) are designed strip-like and symmetric to the longitudinal axis of protective tube (3), the contact elements (12) are designed cut into semicircular strips and arranged with the flat sides lying against the flat sides of the PTC resistor elements (11), and the PTC resistor elements (11) and the contact elements (12) are embedded in an internal cylinder made of an insulating material (6), especially magnesium oxide.

Blank Page

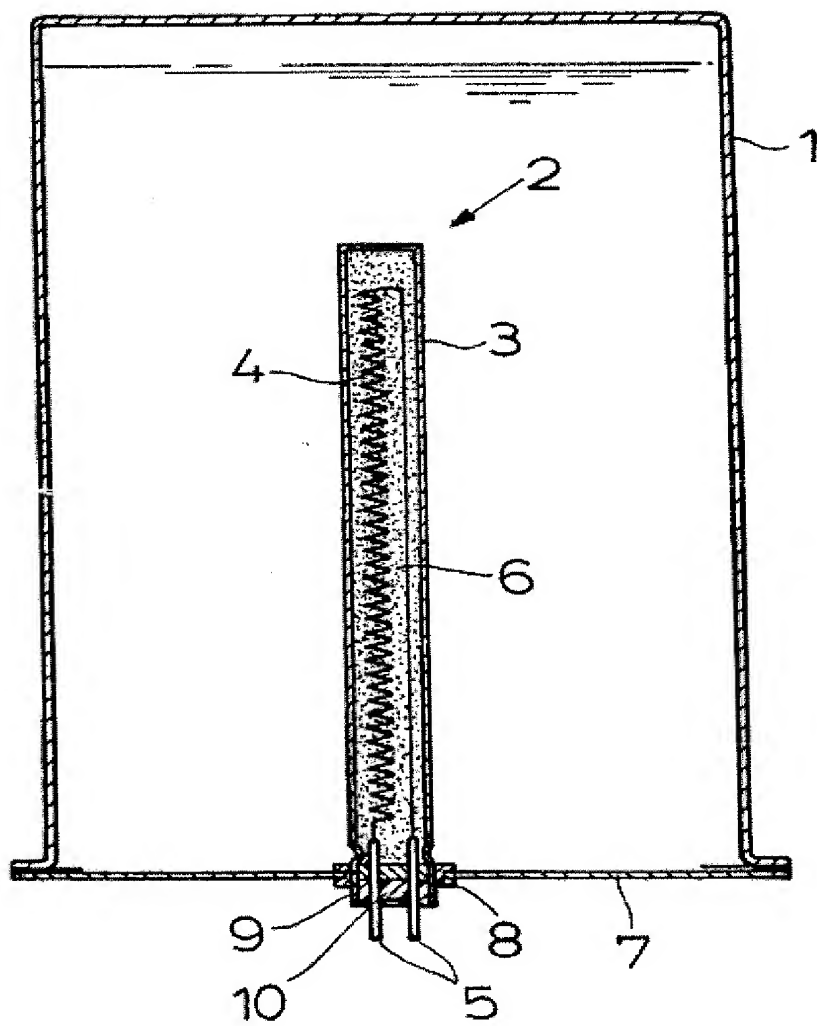


Fig.1

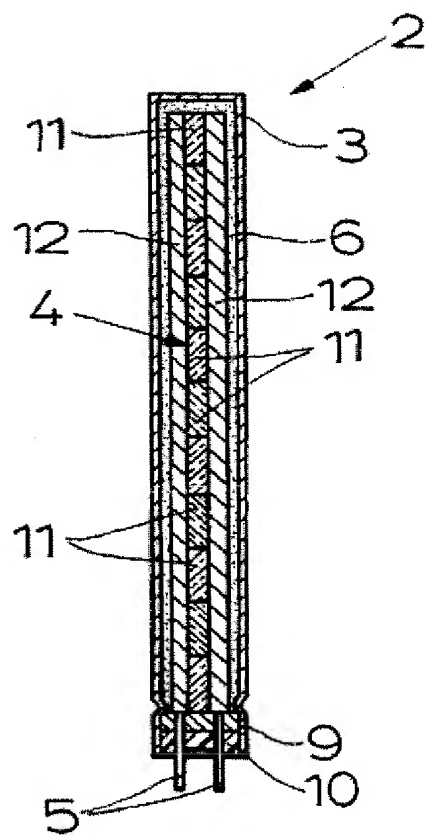


Fig. 2

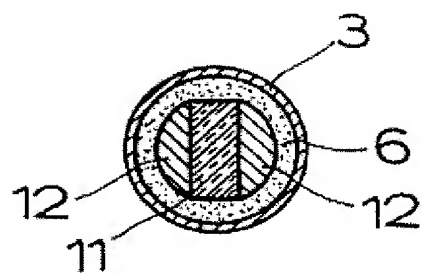


Fig. 3



21 Aktenzeichen: P 40 08 329.2-45
22 Anmeldetag: 15. 3. 90
43 Offenlegungstag: —
45 Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 2. 5. 91

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

73 Patentinhaber:

Norsk Hydro Magnesiumgesellschaft mbH, 4250
Bottrop, DE

74 Vertreter:

Gesthuysen, H., Dipl.-Ing.; von Rohr, H., Dipl.-Phys.,
Pat.-Anwälte, 4300 Essen

72 Erfinder:

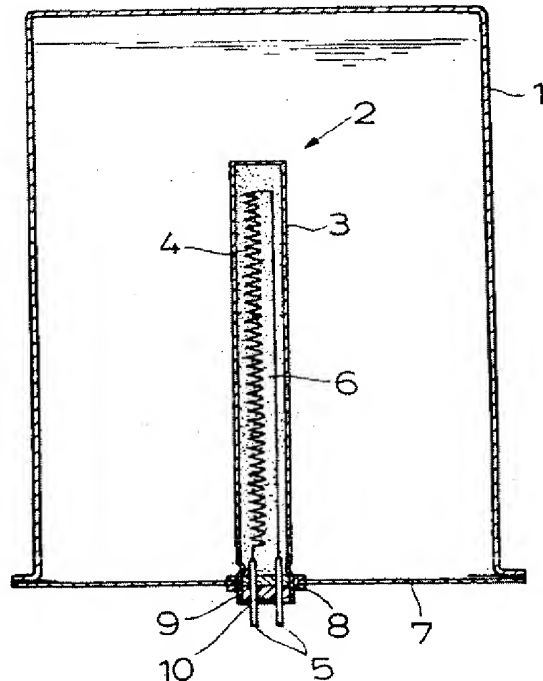
Franke, Günter, 4630 Bochum, DE

56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit
in Betracht gezogene Druckschriften:

DE 31 05 922 A1
EP 01 56 221 A

54 Elektrischer Wassererhitzer

Ein elektrischer Wassererhitzer mit einem Wasserbehälter (1) und einem in dem Wasserbehälter (1) angeordneten Rohrheizkörper (2), bei dem der Rohrheizkörper (2) ein Schutzrohr (3) und eine in dem Schutzrohr (3) angeordnete Widerstandsheizung (4) aufweist und, vorzugsweise, die Widerstandsheizung (4) in einem elektrisch isolierenden Werkstoff (6), insbesondere in Magnesiumoxid, eingebettet ist, bei dem das Schutzrohr (3) aus einem anodisch passivierbaren, elektrisch leitenden Material besteht, bei dem in dem Wasserbehälter (1) eine Gegenelektrode (7) vorgesehen ist oder der Wasserbehälter (1) oder ein Teil des Wasserbehälters (1) eine Gegenelektrode (7) bildet und bei dem zwischen dem Schutzrohr (3) und der Gegenelektrode (7) betriebsmäßig eine Schutz-Gleichspannung anliegt und das Schutzrohr (3) dabei als Anode geschaltet ist, also auf einem gegenüber der Gegenelektrode (7) höheren elektrischen Potential liegt, kann erheblich vielfältiger eingesetzt werden, indem das Schutzrohr (3) und die Gegenelektrode (7) auf eine Schutz-Gleichstromdichte von mindestens 50 bis 70 $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ ausgelegt sind, so daß im Betrieb zwischen dem Schutzrohr (3) und der Gegenelektrode (7) ein Schutzstrom mit einer Mindeststromdichte von 50 bis 70 $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ fließen kann.



Die Erfindung betrifft einen elektrischen Wassererhitzer mit einem Wasserbehälter und einem in dem Wasserbehälter angeordneten Rohrheizkörper, wobei der Rohrheizkörper ein Schutzrohr und eine in dem Schutzrohr angeordnete Widerstandsheizung aufweist, das Schutzrohr aus einem anodisch passivierbaren, elektrisch leitenden Material besteht, in dem Wasserbehälter eine Gegenelektrode vorgesehen ist oder der Wasserbehälter oder ein Teil des Wasserbehälters eine Gegenelektrode bildet und zwischen dem Schutzrohr und der Gegenelektrode betriebsmäßig eine Schutzspannung anliegt und das Schutzrohr dabei als Anode geschaltet ist.

Der bekannte elektrische Wassererhitzer, von dem die Erfindung ausgeht (vgl. die DE-OS 31 05 922), weist als Rohrheizkörper eine haarnadelförmige Heizschleife auf, die an beiden Enden aus dem Wasserbehälter herausgeführt ist. Das Schutzrohr des Rohrheizkörpers besteht aus einem anodisch passivierbaren Material, z. B. aus Titan, und ist außen mit einer Aktivierungsbeschichtung aus Platin versehen.

Durch Anlegen einer Gleichspannung zwischen dem Schutzrohr und der von einem Teil der Behälterwand gebildeten Gegenelektrode werden Kalkablagerungen am Schutzrohr des Rohrheizkörpers verhindert. Durch die zusätzliche Aktivierungsbeschichtung hat das Schutzrohr gleichzeitig die Funktion einer Inertanode für den kathodischen Korrosionsschutz des Wasserbehälters.

Bei dem bekannten elektrischen Wassererhitzer wird einerseits mit Schutzstromdichten von wenigen $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ gearbeitet, begrenzt man andererseits die Heizleistung der Widerstandsheizung auf relativ niedrigem Niveau, nämlich auf Werte um 2 bis 3 W/cm^2 . Die an sich mögliche Heizleistung einer Widerstandsheizung wird also nur begrenzt ausgenutzt, was relativ lange Aufheizzeiten zur Folge hat.

Der Lehre der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, den bekannten elektrischen Wassererhitzer so auszugestalten und weiterzubilden, daß er erheblich vielfältiger eingesetzt werden kann.

Der erfindungsgemäße elektrische Wassererhitzer, bei dem die zuvor aufgezeigte Aufgabe gelöst ist, ist dadurch gekennzeichnet, daß das Schutzrohr und die Gegenelektrode auf eine Schutzstromdichte von mindestens 50 bis 70 $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ ausgelegt sind. Erfindungsgemäß ist erkannt worden, daß eine hohe Stromdichte des Schutzstroms eine Vielzahl von Vorteilen hat. Durch die hohe Strombelastung des Rohrheizkörpers wird eine Kalkabscheidung auf seiner Oberfläche vollständig vermieden. Gleichzeitig wird aber auch eine ansonsten durch eine hohe Temperatur des Wassers im Wasserbehälter verursachte Ausfällung von Kalk im Wasserbehälter vermieden. Dadurch kann der erfindungsgemäße elektrische Wassererhitzer auch im Rahmen von Waschmaschinen oder Spülmaschinen eingesetzt werden. Entsprechende Einsatzgebiete gibt es auch in anderen technischen Gebieten.

Bei dem erfindungsgemäßen elektrischen Wassererhitzer ist die Widerstandsheizung vorzugsweise in einem elektrisch isolierenden Werkstoff, insbesondere in Magnesiumoxid, eingebettet.

Die erfindungsgemäß sehr hohe betriebsmäßige Stromdichte des Schutzstroms erlaubt es, mit hohen Heizleistungen der Widerstandsheizung zu arbeiten. Anstelle der wenigen W/cm^2 des elektrischen Wasserer-

hitzers des Standes der Technik kann die Widerstandsheizung des erfindungsgemäßen elektrischen Wassererhitzers mit einer auf die Oberfläche des Schutzrohres bezogenen spezifischen Leistung von mehr als 6 W/cm^2 bis zu 40 W/cm^2 , vorzugsweise mit einer spezifischen Leistung von 20 bis 40 W/cm^2 betrieben werden. Es liegt auf der Hand, daß die damit erreichbaren Aufheizzeiten wesentlich geringer sind als im Stand der Technik.

Für die Nutzung als Anode hat sich unter Berücksichtigung der hohen Schutzstromdichte gemäß der Erfindung eine Gestaltung des Rohrheizkörpers als Heizpatrone als besonders zweckmäßig erwiesen.

Weitere Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Lehre sind Gegenstand weiterer Patentansprüche. Im übrigen wird hierzu auf die lediglich ein Ausführungsbeispiel der Erfindung darstellende Zeichnung verwiesen. In der Zeichnung zeigt

Fig. 1 in einer Prinzipdarstellung, im Schnitt ein Ausführungsbeispiel eines elektrischen Wassererhitzers,

Fig. 2 im Schnitt ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel eines Rohrheizkörpers für den elektrischen Wassererhitzer gemäß Fig. 1 und

Fig. 3 im Schnitt entlang der Linie III-III den Rohrheizkörper aus Fig. 2.

Der in Fig. 1 dargestellte elektrische Wassererhitzer ist so oder in ähnlicher Form vom grundsätzlichen Aufbau her seit langem bekannt. Dieser Wassererhitzer weist zunächst einen Wasserbehälter 1 auf, der im hier dargestellten Ausführungsbeispiel nicht isoliert ist; es handelt sich also um einen elektrisch beheizten Warmwasserboiler. Ein solcher Wasserbehälter 1 besteht üblicherweise aus einem mit einem Oberflächenschutz versehenen Metallblech und ist in anderen Ausführungsbeispielen häufig auch doppelwandig ausgeführt, besteht also dann aus einem Innenmantel aus verzinktem oder vorzugsweise emaillierten Stahlblech, aus (verzinnem) Kupferblech oder aus Hartporzellan, aus einem Außenmantel, beispielsweise aus lackiertem Stahlblech, und aus einer dazwischenliegenden Wärmedämmschicht, z. B. aus Korkschröt, Glaswolle oder wärmedämmenden Schaumkunststoffen. Generell gilt für elektrische Heißwasserheizungen der in Rede stehenden Art DIN 44 901, worauf hier verwiesen werden darf.

In dem Wasserbehälter 1 des elektrischen Wassererhitzers ist ein Rohrheizkörper 2 angeordnet. Der Rohrheizkörper 2 weist im hier dargestellten Ausführungsbeispiel in der üblichen Weise ein mit dem im Wasserbehälter 1 befindlichen Wasser in Berührung kommendes Schutzrohr 3 und eine in dem Schutzrohr 3 angeordnete Widerstandsheizung 4 auf. Eine solche Widerstandsheizung 4 weist von elektrischem Strom durchflossene Heizelemente aus Heizleiterwerkstoffen auf. Heizleiterwerkstoffe sind metallische oder nichtmetallische Werkstoffe, wie beispielsweise Nickelbasislegierungen, Edelmetallverbindungen oder Wolfram- und Molybdänlegierungen, aber auch Siliciumkarbid und Molybdändisilicid, des weiteren Kohlenstoff und Graphit ebenso wie dotierte Halbleiterwerkstoffe modernerer Zusammensetzung. Allen Heizleiterwerkstoffen ist gemeinsam, daß durch Stromfluß in erheblichem Maße Wärme erzeugt wird.

Der Rohrheizkörper 2 kann in an sich bekannter Weise als Heizschleife oder Heizschlange ausgeführt und an beiden Enden aus dem Wasserbehälter 1 herausgeführt sein. Im hier dargestellten und insoweit bevorzugten Ausführungsbeispiel ist aber der Rohrheizkörper 2 als Heizpatrone ausgeführt, also an einem Ende aus dem Wasserbehälter 1 herausgeführt und am anderen Ende

im Wasserbehälter 1 geschlossen. In Fig. 1 erkennt man deutlich das hier als helixartig gewundener Widerstandsdraht ausgeführte Heizelement der Widerstandsheizung 4, das einerseits direkt, andererseits über eine Rückleitung mit größerem Querschnitt mit Anschlußleitungen 5 zum Anschluß an eine Versorgungsspannung verbunden ist. Eine Vielzahl anderer Konstruktionsarten für die Widerstandsheizung 4 ist denkbar und dem Fachmann auffindbar; eine besonders bevorzugte Gestaltung der Widerstandsheizung 4 wird später noch im einzelnen beschrieben.

Im hier dargestellten und insoweit bevorzugten Ausführungsbeispiel ist die elektrische Widerstandsheizung 4 in einem elektrisch isolierenden Werkstoff 6 eingebettet. Der Werkstoff 6 muß zwei Anforderungen erfüllen, nämlich einerseits elektrisch isolierend sein, andererseits thermisch eine möglichst hohe Leitfähigkeit haben, damit sich ein hoher Wärmeübergang von der Widerstandsheizung 4 auf das Wasser im Wasserbehälter 1 ergibt. Hier sind verschiedene Werkstoffe bekannt, insbesondere hat sich Magnesiumoxid als zweckmäßig erwiesen.

Bei dem hier dargestellten Wassererhitzer besteht das Schutzrohr 3 aus einem inerten, elektrisch leitenden Material. Ein Teil des Wasserbehälters 1 bildet eine Gegenelektrode 7. Zwischen dem Schutzrohr 3 und der Gegenelektrode 7 liegt betriebsmäßig eine Gleichspannung an. Das Schutzrohr 3 ist dabei als Anode geschaltet, liegt also auf einem gegenüber der Gegenelektrode 7 höheren elektrischen Potential. Das Schutzrohr 3 hat also zusätzlich zur mechanischen Schutzfunktion für die Widerstandsheizung 4 noch eine elektrische Funktion als Anode eines elektrischen Schutzstromkreises, der vom Heizkreis völlig getrennt ist. Dieser elektrische Schutzstromkreis mit der entsprechenden Polung des Schutzrohrs 3 als Anode hat das Ergebnis, daß sich am Schutzrohr 3 Kalkansätze nicht mehr finden. Im übrigen ist es im Grundsatz gleichgültig, auf welchem Wege in dem Rohrheizkörper 2 die Wärme erzeugt wird. Grundsätzlich könnte man also die anodische Belastung des Schutzrohrs 3 im elektrischen Schutzkreis auch dann realisieren, wenn sich im Inneren des Schutzrohres keine Widerstandsheizung, sondern eine andere Heizung, beispielsweise ein katalytischer Heizkörper oder ein flüssiges Heizmedium befände.

Für das Schutzrohr 3 empfiehlt sich als Material Titan, Tantal oder Niob oder Titan-, Tantal- oder Niobverbindungen oder -legierungen.

Zur anodischen Aktivierung der Oberfläche des Schutzrohrs 3 kann es sich empfehlen, dieses zumindest außen mit einer Aktivierungsbeschichtung zu versehen. Diese besteht hier nach bevorzugter Lehre aus Edelmetallmischoxiden.

Im in Fig. 1 dargestellten Ausführungsbeispiel ist das Schutzrohr 3 wegen der Gestaltung des Rohrheizkörpers 2 als Heizpatrone in einer einzigen Isolationsdurchführung 8 in der Wandung des Wasserbehälters 1 gehalten. Das Schutzrohr 3 ragt durch die Isolationsdurchführung 8 heraus und bietet auf der Außenseite des Wasserbehälters 1 eine freie Fläche, die als elektrischer Anschluß 9 für das Schutzrohr 3 im elektrischen Schutzstromkreis dient. Die Anschlußleitungen 5 sind durch eine elektrisch isolierende Abdichtung 10 im Schutzrohr 3 geführt, die das Schutzrohr 3 am in Fig. 1 unten liegenden, aus dem Wasserbehälter 1 herausragenden, ansonsten offenen Ende schließt.

Die zuvor erläuterte Verwendung des Wasserbehälters 1 als Gegenelektrode 7 für das als Anode geschalte-

te Schutzrohr 3 im elektrischen Schutzstromkreis hat einen besonderen zusätzlichen Vorteil, nämlich den, die innere Oberfläche des Wasserbehälters 1 kathodisch gegen Korrosion zu schützen. An der als Kathode geschalteten Gegenelektrode 7 und damit an der Innenwandung des Wasserbehälters 1 können Korrosionsvorgänge nicht oder nur erheblich langsamer ablaufen als sonst üblich.

Selbstverständlich könnte die Gegenelektrode aber auch separat in den Wasserbehälter eingesetzt sein (siehe z. B. die EP-OS 01 56 221).

Für den hier dargestellten elektrischen Wassererhitzer ist nun zunächst wesentlich, daß das Schutzrohr 3 und die Gegenelektrode 7 auf eine Schutzstromdichte von mindestens 50 bis 70 $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ ausgelegt sind, so daß im Betrieb zwischen dem Schutzrohr 3 und der Gegenelektrode 7 ein Schutzstrom mit einer Mindeststromdichte von 50 bis 70 $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ fließen kann. Die Vorteile dieser Vorgabe sind im allgemeinen Teil der Beschreibung erläutert worden.

Für den dargestellten elektrischen Wassererhitzer ist ferner von Bedeutung, daß die Widerstandsheizung 4 eine auf die Oberfläche des Schutzrohrs 3 bezogene spezifische Leistung von mehr als 6 W/cm^2 bis zu 40 W/cm^2 , vorzugsweise von 20 bis 40 W/cm^2 aufweist. Dadurch kann man entweder die Heizleistung drastisch erhöhen, so daß die Aufheizzeiten verkürzt werden, oder bei gleicher Heizleistung kann man den Rohrheizkörper 2 erheblich kleiner ausführen als bisher üblich. Damit sind Kosteneinsparungen verbunden, die die höheren Kosten des besonderen, inerten Materials des Schutzrohrs 3 praktisch wieder ausgleichen.

Die erforderliche Gleichspannung zwischen dem Schutzrohr 3 und der Gegenelektrode 7 wird zweckmäßigerweise über einen Potentiostaten gesteuert bzw. geregelt (siehe auch die EP-OS 01 56 221). Für den erfindungsgemäßen elektrischen Wassererhitzer gilt nun eine besonders bevorzugte Gestaltung, die dadurch gekennzeichnet ist, daß der Potentiostat als Unterbrecherpotentiostat ausgeführt ist und daß bei vorgegebenem, die erforderliche Mindeststromdichte definierenden Sollpotential über die Unterbrecherfunktion eine Steuerung bzw. Regelung des Gesamtstroms gewährleistet ist. Auf diese Weise kann ohne große Schwierigkeiten auch der ausreichende kathodische Korrosionsschutz des Wasserbehälters gewährleistet werden.

In elektrischen Warmwasserbereitern der in Rede stehenden Art sind bislang an sich bekannte selbstregelnde Widerstandsheizungen mit Kaltleitern nicht eingesetzt worden. Kaltleiter sind Bauelemente mit einem großen positiven Temperaturkoeffizienten und bestehen beispielsweise aus bestimmten Metalllegierungen, z. B. aus Wolframlegierungen, oder aus dotierten Halbleitern, z. B. dotierter Titanatkeramik. Für einen Kaltleiter ist eine sprunghafte Erhöhung des Widerstands in einem engen Temperaturintervall typisch, wobei häufig ein bistabiles Verhalten vorgegeben ist. Das bistabile Verhalten eines Kaltleiters bedeutet, daß dieser seinen hohen Widerstand auch dann beibehält, wenn die Temperatur drastisch abgesunken ist. Ein Kaltleiter mit derart bistabilem Verhalten geht erst wieder in seinen Zustand mit geringem Widerstand über, wenn die Widerstandsheizung insgesamt von der Versorgungsspannung getrennt worden ist.

Aufgrund der erfindungsgemäßen Lehre ist es nun auch im vorliegenden Fall möglich, daß die Widerstandsheizung 4 mindestens ein Kaltleiterelement 11 aufweist. Im hier dargestellten und bevorzugten Aus-

führungsbeispiel gemäß Fig. 2 und Fig. 3 besteht die Widerstandsheizung 4 sogar vollständig aus mehreren Kaltleiterelementen 11. Wegen der wegfallenden Gefahr eines Kalkansatzes am Schutzrohr 3 und eines damit verbundenen Wärmestaus lassen sich die Arbeitsbedingungen der Kaltleiterelemente 11 leicht und zuverlässig vorausberechnen, so daß man sicher ist, daß im normalen, alltäglichen Betrieb die selbstregelnde Funktion der Kaltleiterelemente 11 nicht auftreten wird, sondern daß sie nur dann auftritt und zu einer Abschaltung der Widerstandsheizung 4 führt, wenn wirklich ein Betriebsnotfall vorliegt.

Die Kaltleiterelemente 11 sind im hier dargestellten Ausführungsbeispiel aus einem Preßmaterial hergestellt und bedürfen der Zuordnung elektrischer Kontaktelemente 12, da sie ansonsten nicht ohne weiteres elektrisch kontaktiert werden können. Zur elektrischen Verbindung zwischen den Kaltleiterelementen 11 und den elektrischen Kontaktelementen 12 bedarf es eines bestimmten Kontaktdrucks, der beispielsweise durch eine aufgeschrumpfte Silikonisolation erzeugt werden kann. Im hier dargestellten und insoweit bevorzugten Ausführungsbeispiel gilt überdies, daß die Kaltleiterelemente 11 im elektrisch isolierenden Werkstoff 6, insbesondere im Magnesiumoxid, unter Druck eingebettet sind. Genaugenommen ist es hier so, daß das Schutzrohr 3 mit eingebrachten Kaltleiterelementen 11, Kontaktelementen 12 und isolierendem Werkstoff 6 zur Druckerzeugung gewalzt ist.

Fig. 3 zeigt den konstruktiven Aufbau des erfindungsgemäßen Wassererhitzers dieses Ausführungsbeispiels besonders deutlich und zeigt damit, daß hier die Kaltleiterelemente 11 streifenförmig ausgebildet und etwa symmetrisch zur Längsachse des Schutzrohrs 3 angeordnet sind, die Kontaktelemente 12 gekappt-halbkreisförmig ausgeführt und mit den Flachseiten an den Flachseiten der Kaltleiterelemente 11 anliegend angeordnet sind und diese Anordnung in einem Innenzylinder aus dem isolierenden Werkstoff 6, insbesondere Magnesiumoxid, eingebettet ist. Fig. 2 macht deutlich, wie sich ganz von selbst durch die hier gewählte Anordnung die elektrische, schienenartige Verbindung der Kontaktelemente 12 mit den Anschlußleitungen 5 ergibt.

Bei entsprechender Einstellung der Kaltleiterelemente 11 kann man diese auch zur Temperaturregelung der Wassertemperatur im Wasserbehälter 1 nutzen, so daß die Kaltleiterelemente 11 bei Erreichen der Solltemperatur des Wassers keinen bzw. praktisch keinen Strom mehr aufnehmen. Bei einer wechselnden, einstellbaren Solltemperatur des Wassers im Wasserbehälter 1 empfiehlt sich allerdings eine externe Temperaturregelung mit einem Temperaturfühler im Wasserbehälter 1, wobei dann die Funktion der Kaltleiterelemente 11 bzw. eines Kaltleiterelements in der Widerstandsheizung 4, die ansonsten auch anders ausgeführt sein kann, auf eine Sicherheitsabschaltung beschränkt ist.

Patentansprüche

1. Elektrischer Wassererhitzer mit einem Wasserbehälter und einem in dem Wasserbehälter angeordneten Rohrheizkörper, wobei der Rohrheizkörper ein Schutzrohr und eine in dem Schutzrohr angeordnete Widerstandsheizung aufweist, das Schutzrohr aus einem anodisch passivierbaren, elektrisch leitenden Material besteht, in dem Wasserbehälter eine Gegenelektrode vorgesehen ist

oder der Wasserbehälter oder ein Teil des Wasserbehälters eine Gegenelektrode bildet und zwischen dem Schutzrohr und der Gegenelektrode betriebsmäßig eine Schutzspannung anliegt und das Schutzrohr dabei als Anode geschaltet ist, dadurch gekennzeichnet, daß das Schutzrohr (3) und die Gegenelektrode (7) auf eine Schutzstromdichte von mindestens 50 bis 70 $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ ausgelegt sind.

2. Elektrischer Wassererhitzer nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Widerstandsheizung (4) in einem elektrisch isolierenden Werkstoff (6), insbesondere in Magnesiumoxid, eingebettet ist.

3. Elektrischer Wassererhitzer nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Widerstandsheizung (4) eine auf die Oberfläche des Schutzrohrs (3) bezogene spezifische Leistung von mehr als 6 W/cm^2 bis zu 40 W/cm^2 aufweist.

4. Elektrischer Wassererhitzer nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Rohrheizkörper (2) als Heizpatrone an einem Ende aus dem Wasserbehälter (1) herausgeführt und am anderen Ende im Wasserbehälter (1) geschlossen ist.

5. Elektrischer Wassererhitzer nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei das Schutzrohr zumindest außen mit einer Aktivierungsbeschichtung versehen ist, dadurch gekennzeichnet, daß es sich bei der Aktivierungsbeschichtung um eine Beschichtung aus Edelmetallmischoxiden handelt.

6. Elektrischer Wassererhitzer nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei die zwischen dem Schutzrohr und der Gegenelektrode anliegende Spannung über einen Potentiostaten steuerbar oder regelbar ist, dadurch gekennzeichnet, daß der Potentiostat als Unterbrecherpotentiostat ausgeführt ist und bei vorgegebenem, die erforderliche Mindeststromdichte definierenden Sollpotential über die Unterbrecherfunktion eine Steuerung bzw. Regelung des Gesamtstroms gewährleistet ist.

7. Elektrischer Wassererhitzer nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Widerstandsheizung (4) mindestens ein Kaltleiterelement (11) aufweist.

8. Elektrischer Wassererhitzer nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß den Kaltleiterelementen (11) elektrische Kontaktelemente (12) zugeordnet sind.

9. Elektrischer Wassererhitzer nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß auf die Kaltleiterelemente und die Kontaktelemente eine Silikonisolation aufgeschrumpft ist.

10. Elektrischer Wassererhitzer nach einem der Ansprüche 6 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Kaltleiterelemente (11) im elektrisch isolierenden Werkstoff (6), insbesondere im Magnesiumoxid, unter Druck eingebettet sind.

11. Elektrischer Wassererhitzer nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß das Schutzrohr (3) mit eingebrachten Kaltleiterelementen (11), Kontaktelementen (12) und isolierendem Werkstoff (6) zur Druckerzeugung gewalzt ist.

12. Elektrischer Wassererhitzer nach einem der Ansprüche 6 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Kaltleiterelemente (11) streifenförmig ausgebildet und symmetrisch zur Längsachse des Schutzrohrs (3) angeordnet sind, die Kontaktelemente (12) gekappt-halbkreisförmig ausgeführt und mit den Flachseiten an den Flachseiten der Kaltleiter-

elemente (11) anliegend angeordnet sind und die Kaltleiter-elemente (11) und die Kontaktelemente (12) in einem Innenzylinder aus dem isolierenden Werkstoff (6), insbesondere dem Magnesiumoxid, eingebettet sind.

5

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

— Leerseite —

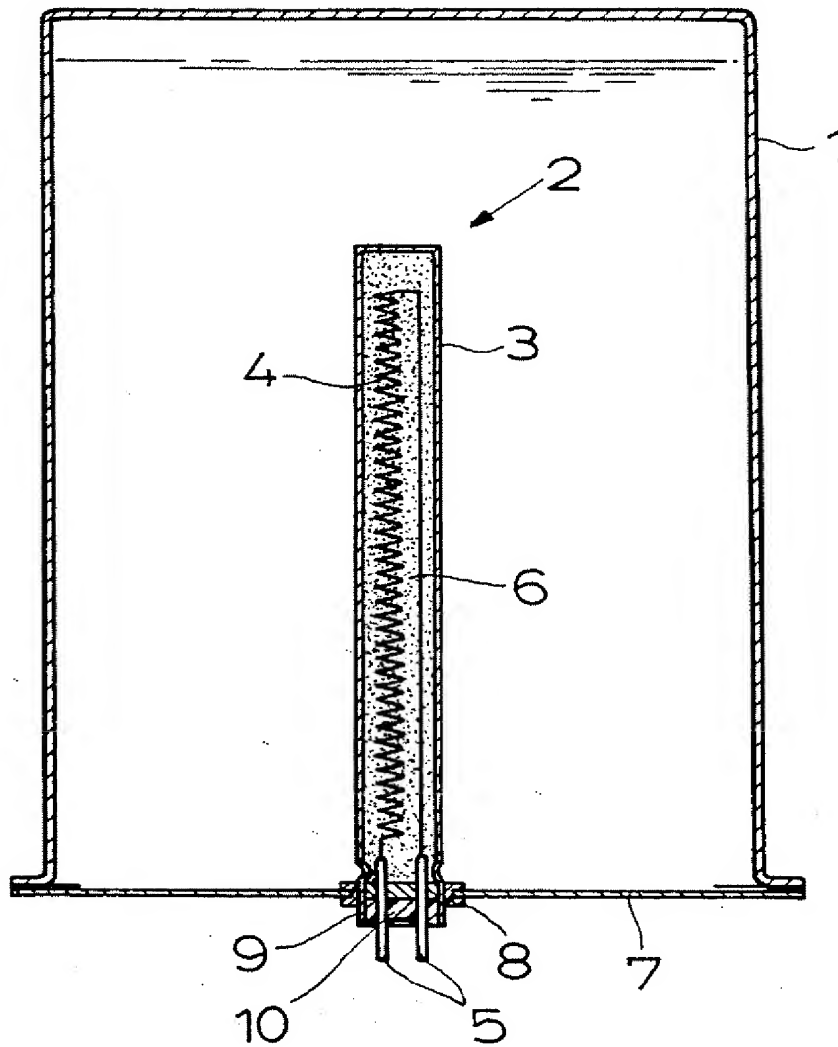


Fig.1

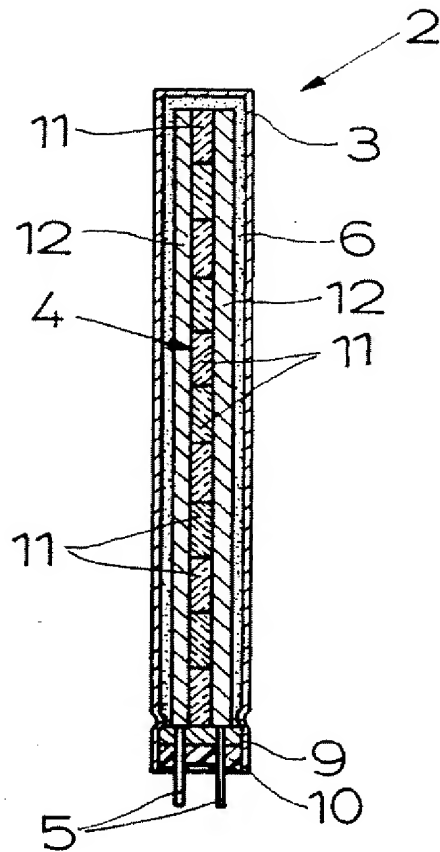


Fig. 2

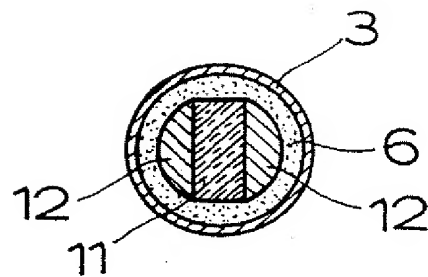


Fig. 3